

Periodo 25 de noviembre al 08 de diciembre

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con el apoyo del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar de LAICA (DIECA-LAICA), presenta el boletín agroclimático para caña de azúcar.

En este se incorpora el análisis del tiempo, pronósticos, recomendaciones y notas técnicas, con el objetivo de guiar al productor cañero hacia una agricultura climáticamente inteligente.

IMN

www.imn.ac.cr

2222-5616

Avenida 9 y Calle 17

Barrio Aranjuez,

Frente al costado Noroeste del Hospital Calderón Guardia.

San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr

2284-6000

Avenida 15 y calle 3

Barrio Tournón

San Francisco, Goicoechea

San José, Costa Rica

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 11 AL 17 DE NOVIEMBRE

Durante la semana se presentó una reducción de las lluvias en todo el territorio nacional.

En la figura 1, se puede observar el acumulado de lluvias sobre el territorio nacional. Las estaciones que sobrepasaron 70 mm fueron Aranjuez y Alajuela centro en el Valle Central, así como Corazón de Jesús en la Zona Norte.

Se reporta que el día más lluvioso de la semana fue el jueves seguido del viernes y el día menos lluvioso fue el martes.



Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 11 al 17 de noviembre (generado utilizando datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 18 AL 24 DE NOVIEMBRE

Durante la semana se presentaron lluvias en todo el territorio nacional.

En la figura 2 se puede observar el acumulado de lluvias sobre el territorio nacional. Las estaciones que sobrepasan 100 mm fueron Parrita y Las cruces en el Pacífico Central y Sur respectivamente.

El día reportado como más lluvioso de la semana fue el lunes seguido del martes y el día menos lluvioso fue el jueves.



Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 18 al 24 de noviembre (generado utilizando datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO 25 DE NOVIEMBRE AL 01 DE DICIEMBRE

La primera mitad de la semana mantendrá condiciones secas, al igual que el fin de semana. Debido a la cercanía de la onda tropical #53 el territorio nacional percibirá durante los días jueves y viernes un aumento de las lluvias, que en el caso de la Vertiente Caribe iniciará desde el día miércoles con condiciones lluviosas constantes de poca intensidad.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 25 DE NOVIEMBRE AL 01 DE DICIEMBRE

De la figura 3 a la figura 10, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones cañeras. Las regiones del Valle Central Este y el Valle Central Oeste serán las más lluviosas de la semana. Las regiones cañeras Puntarenas, Región Sur, Valle Central Este y Valle Central Oeste percibirán un pequeño aumento de las lluvias en la segunda mitad de semana, siendo la Región Sur la más lluviosa.

Las regiones cañeras en general presentarán una reducción del viento a mitad de semana, manteniendo condiciones ventosas el resto de la semana. Todas las regiones mantendrán amplitudes térmicas relativamente constantes durante la semana.

“La región climática del Valle Central inicia su periodo seco a partir de esta semana.”

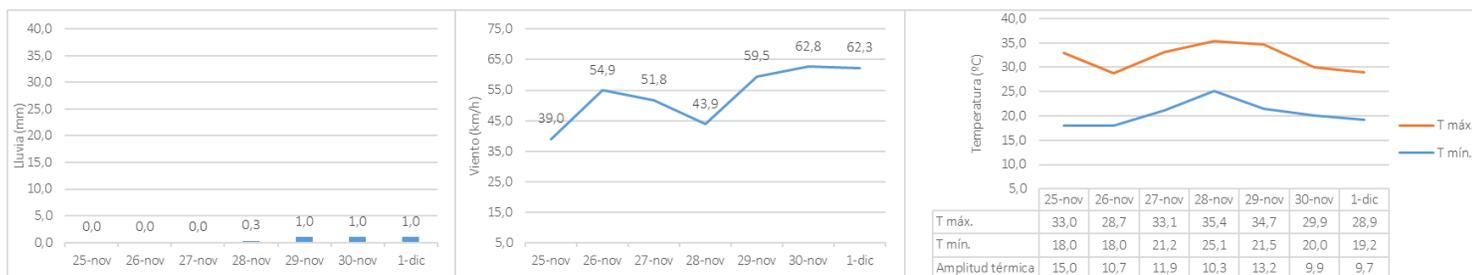


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de noviembre al 1 de diciembre en la región cañera Guanacaste Este.

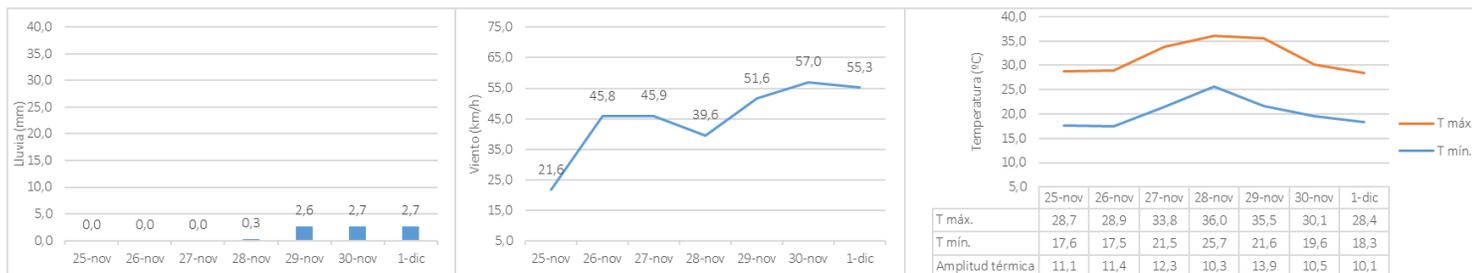


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de noviembre al 1 de diciembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

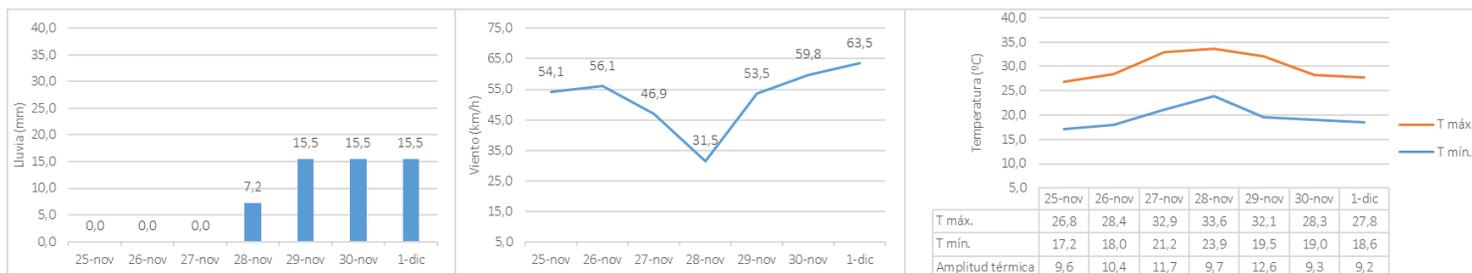
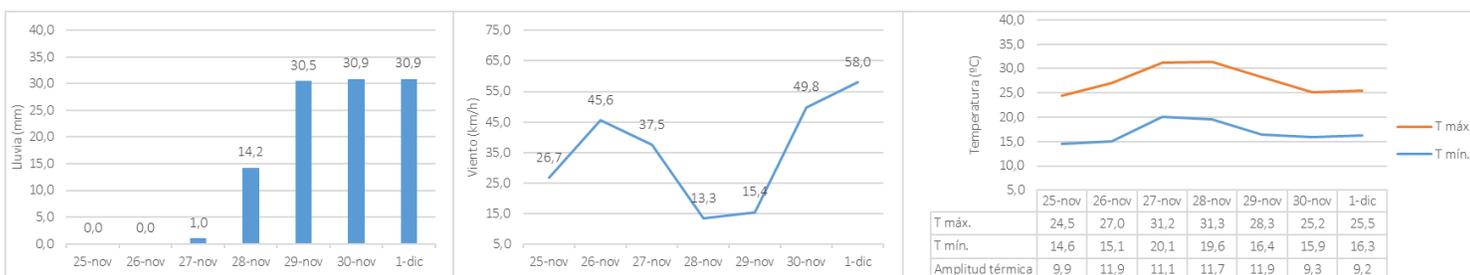
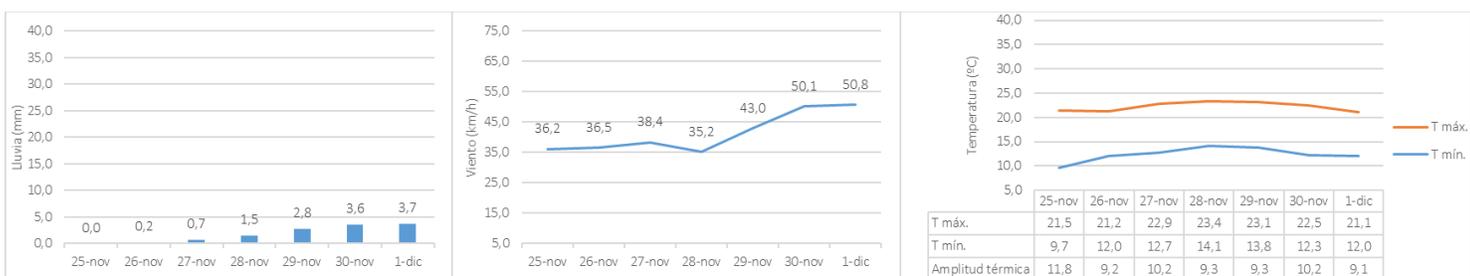
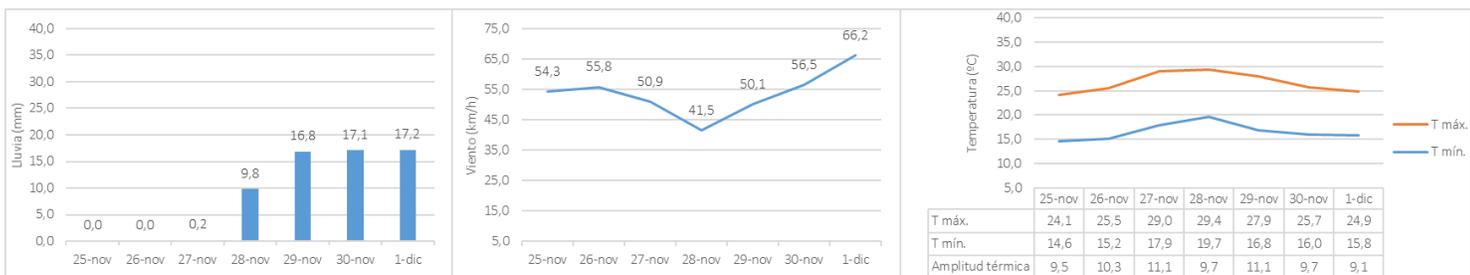
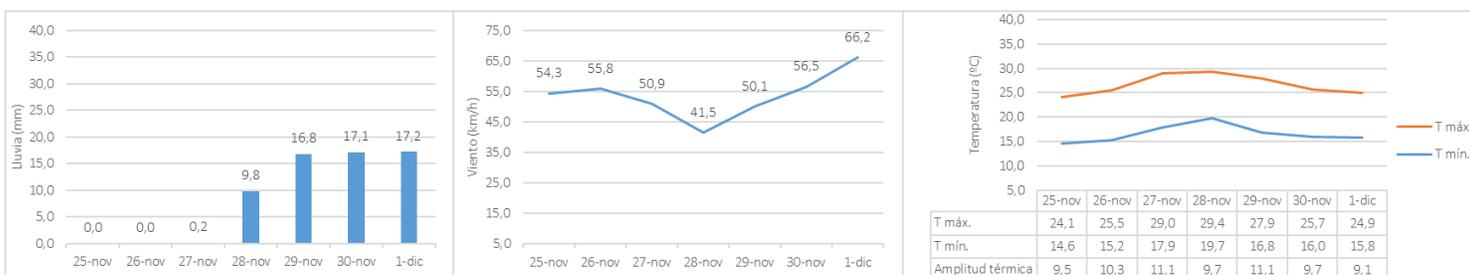
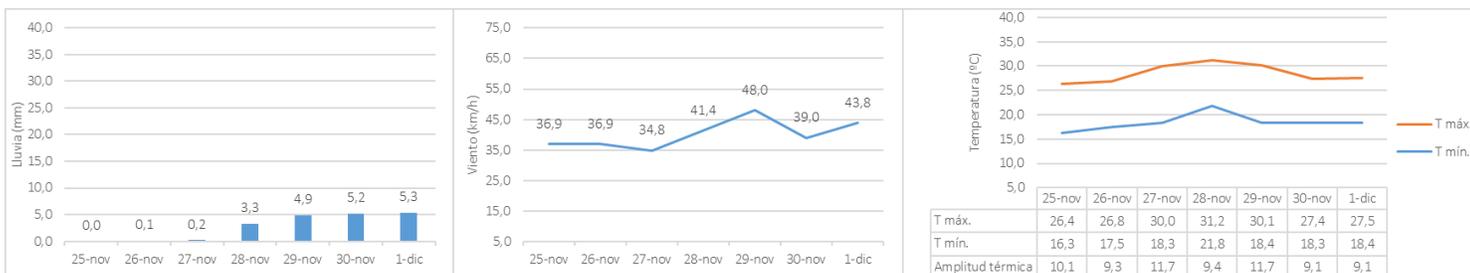


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de noviembre al 1 de diciembre en la región cañera Puntarenas.

Noviembre - Diciembre 2019 - Volumen 1 – Número 17



Noviembre - Diciembre 2019 - Volumen 1 – Número 17

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 02 AL 08 DE DICIEMBRE

La primera mitad de la semana el país mantendrá condiciones secas y vientos propios de la época en el territorio nacional. Esta condición cambiará a partir de mediados de semana con una reducción de la velocidad del viento procedente del Mar Caribe que aumentará las lluvias en el Pacífico, reduciendo las lluvias del Caribe.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

En la figura 11 se presenta el porcentaje de saturación de humedad de los suelos (%) cercanos a las zonas cañeras, este porcentaje es un estimado para los primeros 30 cm de suelo y válido para el día 25 de noviembre del 2019.

Debido a las condiciones presentadas en los últimos días, la Región de Guanacaste Este presenta porcentajes de humedad en el suelo entre 15-60%, mientras que los suelos de Guanacaste Oeste están entre 0% y 60%. La Región Norte tiene porcentajes de saturación que van desde 15% hasta el 75%.

Los suelos de la Región Puntarenas presentan entre 15% y 30% de humedad. La Región Valle Central Oeste tiene una saturación entre 30% y 75%, mientras que la Región Valle Central Este está entre 30 y 45%.

El porcentaje de humedad del suelo en Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m) es de entre 30% y 60%, la región de Turrialba Alta (> 1000 msnm) tiene un porcentaje de saturación que va desde 30 a 75%. Los suelos de la Región Sur presentan porcentajes de humedad, que van desde 0% hasta 75%, con la mayoría de suelos entre 30% y 45%.

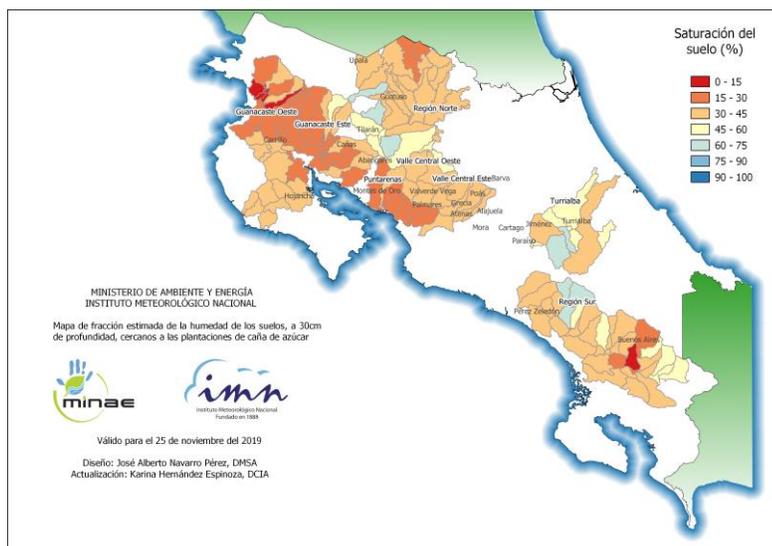


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 25 de noviembre de 2019.

Recuerde que puede acceder los boletines en
www.imn.ac.cr/boletin-agroclima y en
www.laica.co.cr

PRONOSTICO CLIMÁTICO

TRIMESTRE NOVIEMBRE 2019 – ENERO 2020

La perspectiva climática de lluvias, mostrada en la figura 12, para el trimestre que abarca del mes de noviembre del año 2019 hasta el mes de enero del año 2020 es elaborada por el IMN. El cuadro 1 muestra los valores climatológicos para el trimestre de las regiones climáticas coloreadas en la figura 12.

El pronóstico de las regiones climáticas nos muestra la región Pacífico Norte, Región GLU (Guatuso, Upala y Los Chiles), Zona Norte, Caribe Norte y Valle Central con condiciones normales en cuanto a la cantidad de lluvia cuantificable que pueden ser aproximadas a las mostradas en el cuadro 1. Mientras que las regiones Caribe Sur, Pacífico Central y Pacífico Sur presentarán condiciones más lluviosas que lo normal con respecto a sus valores promedio del cuadro 1.

A nivel mensual se espera un diciembre con condiciones más lluviosas de lo normal en el país excepto para el Pacífico Norte que es prevé normal. El mes de enero se mantendrá con condiciones normales a excepción de las regiones GLU, Zona Norte y Caribe Norte que se esperan entre 10% y 30% más secas de lo normal.

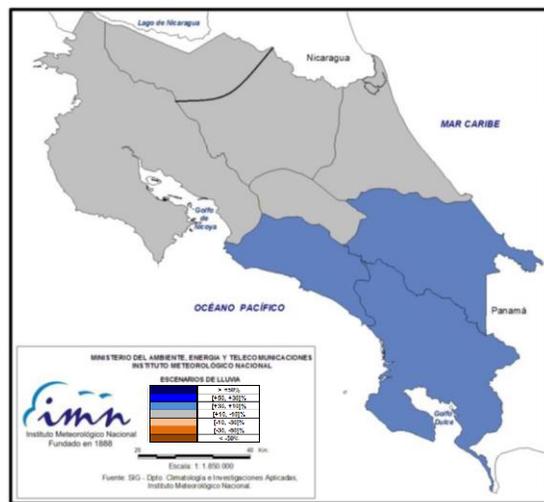


Figura 12. Pronóstico estacional de la lluvia para el periodo octubre-diciembre del 2019. Los colores en el mapa indican el escenario de lluvia o sequedad, cuanto más azul (café) es más lluvioso (seco) en comparación con el promedio noviembre de 2019.

REGION	NOVIEMBRE - ENERO
	NORMAL (mm)
PACIFICO NORTE	142
PACIFICO CENTRAL	485
PACIFICO SUR	645
VALLE CENTRAL	213
ZONA NORTE OCCIDENTAL	479
ZONA NORTE ORIENTAL	887
CARIBE NORTE	1079
CARIBE SUR	903

Cuadro 1. Promedios normales de lluvia (mm) del trimestre.

NOTA TÉCNICA

Incidencia de las bajas temperaturas en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar: el caso de Costa Rica

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M.Sc.

mchavez@laica.co.cr

Gerente. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

Como ha sido documentado y comentado con detalle en notas anteriores, la caña de azúcar como cualquier ser vivo, debe pasar ineludiblemente por diferentes estadios fenológicos durante su ciclo biológico de vida, los cuales determinan y provocan cambios y transformaciones morfo fisiológicas determinantes para poder completar satisfactoriamente su ciclo vital. En el caso particular de la caña de azúcar, son varios y muy profundos los cambios acontecidos traducidos en procesos como germinación, ahijamiento, encelamiento, retoña miento, crecimiento, floración y maduración; los cuales pueden resumirse en dos grandes fases bien diferenciadas: a) acumulo de biomasa y b) concentración de sacarosa en los tallos (Chaves 1982, 2019a). La peculiaridad en este caso es que, en todas esas complejas actividades biológicas, la participación del clima en sus diferentes elementos y manifestaciones resulta determinante, aunque algunas veces, los elementos paradójicamente operan de manera inversa según sea el estado fenológico, como ha sido demostrado con la lluvia, la temperatura, la luz, el viento, la humedad, entre otras; manifestadas en variación térmica, intensidad luminosa y pluviométrica y evapotranspiración. El vínculo y efecto de los mismos es directo sobre la productividad de tallos industrializables en el campo, contenido de sacarosa recuperable en la fábrica y calidad integral de la materia prima procesada (Castro 2016; Chaves 2019abde).

La temperatura del aire prevaleciente en las zonas y localidades agro productivas y ambientes de producción, es en lo específico un factor relevante que interviene no solo el crecimiento sino también la maduración de la planta, como fue señalado por Chaves (2019e). El factor térmico es interferido por elementos como la radiación solar, la latitud, longitud, altitud (msnm), entre muchos otros; motivo por el cual conocer más al respecto, en lo específico sobre la temperatura baja o mínima, resulta apropiado para comprender y juzgar con mejor criterio técnico lo concerniente a la maduración fisiológica y económica (comercial) del cultivo de la caña. La presente nota hace un abordaje específico de la condición, incidencia y efectos de la temperatura mínima sobre el mecanismo de maduración natural de la caña de azúcar aplicado a Costa Rica, expresado en la concentración de

sacarosa en los tallos de la planta. De igual forma introduce y desarrolla el tema de Diferencial Térmico.

Temperatura baja y fisiología de la caña

Es conocido que la temperatura del aire se eleva a lo largo del día, alcanzando luego del medio día una temperatura máxima, la cual sistemáticamente cae y disminuye durante el periodo nocturno hasta alcanzar una temperatura mínima en horas de la noche. Este hecho genera consecuentemente un diferencial o intervalo entre ambas temperaturas que es muy importante para interpretar posibles efectos e impactos térmicos, en este caso sobre la maduración fisiológica de la planta de caña de azúcar, como se explicará más adelante.

Como está ampliamente documentado, la caña de azúcar es una planta excepcional en todos los ámbitos, sean anatómicos, genéticos o fisiológicos, con una alta vinculación y dependencia del factor clima para su expresión y optimización; que en el caso particular de la maduración, deben conocerse para potenciar los favorables y evitar o mitigar los adversos. La caña virtud de sus atributos y condiciones como planta tipo C-4 (cuatro átomos de Carbono), ha demostrado tener una elevada tolerancia y capacidad de adaptación a la temperatura, habiendo reportado aceptación a extremos inusitados, como son ámbitos entre 0 y 50°C, como indicara Chaves (2019e); pese a lo cual se ubica el ámbito entre 16 y 33°C como óptimo con extremos de 14 a 38°C como aceptables para fines productivos y comerciales, pues fuera de ellos hay inconvenientes e indeseables impactos negativos sobre el metabolismo (enzimas, proteínas, estomas) y la anatomía (crecimiento, desarrollo, quemaduras de tejidos), obligando a la planta a consumir reservas acumuladas para acompañar la respiración celular para su supervivencia y manutención vital. Para promover y favorecer maduración y concentración de sacarosa en los tallos, se considera que "...en localidades donde no hay limitación hídrica, es necesario que la temperatura media diaria sea inferior a 21°C por al menos durante los últimos tres meses para que ocurra maduración por retardamiento en el crecimiento." En lo concerniente a

temperaturas mínimas se considera un índice de 18°C como óptimo. Concluye y asegura Chaves (2019e) al respecto, "...que la temperatura y la disponibilidad hídrica condicionan el desarrollo vegetativo y la maduración.", lo cual es una verdad demostrada. La concentración o no del disacárido Sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) en la caña pasa genéricamente por un proceso metabólico activo de acumulo, uso o no uso de energía metabólica (química), representada en este caso por los mono sacáridos Glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y Fructuosa ($C_6H_{12}O_6$) durante el periodo fenológico senescente final de su ciclo vegetativo. En esa fase, establecida de manera aproximada en los tres últimos meses posteriores a la floración y previos a la cosecha, la planta reduce significativamente la actividad de división celular y con ello su dinámica de crecimiento; provocando que la energía sintetizada como carbohidratos (Glucosa y Fructuosa) se transporte y acumule como Sacarosa al no ser requerida por la planta para ese fin, siendo por ello la Sacarosa, la reserva energética disponible en la planta para acompañar sus funciones vitales. El déficit o insuficiencia hídrica en el medio y las bajas temperaturas presentes en el mismo periodo, favorecen entonces el acumulo de la sacarosa al limitar el crecimiento y el gasto de energía metabólica implicada.

Déficit hídrico y golpe térmico pese a ser eventos diferentes, provocan el mismo impacto fisiológico, el cual es superior cuando ambos operan simultáneamente; esto traducido en periodos secos y noches frías. Por este motivo, como afirmara Chaves (2019e) con acierto, "Cualquier factor que favorezca y promueva el crecimiento, la división celular y requiera energía metabólica para acompañar algún proceso metabólico, resulta contraria para incrementar la concentración de sacarosa; tal es el caso de lluvias caídas durante el periodo de maduración, el uso excesivo de fertilizantes en particular Nitrógeno o la cosecha temprana (a menor edad). En dicho caso la energía se toma de la Glucosa, que de no estar disponible, la planta la obtiene rompiendo (por inversión hidrolítica) la molécula de sacarosa presente en tejidos jóvenes por hidrólisis inducida por la invertasa ácida, en detrimento directo de la concentración de sacarosa." Queda por tanto establecida la importancia de las temperaturas bajas en intervenir y detener el crecimiento y, con ello, el gasto de energía acumulada.

Temperaturas mínimas en zonas cañeras de Costa Rica

Con el objeto de ubicar la situación y tendencia de las Temperaturas Mínimas en el entorno cañero nacional, se presentan en el Cuadro 1, los valores promedio mensual de esas temperaturas en cinco regiones cañeras del país para el periodo

2016-2019; se exceptúa el Pacífico Central por carecer de información. Los mismos proceden de 12 Estaciones Meteorológicas estratégicamente ubicadas en Guanacaste (Cañas, Liberia, Carrillo), Valle Central (Grecia), Zona Norte (San Carlos, Los Chiles), Turrialba (Juan Viñas, Turrialba), Zona Sur (Pérez Zeledón, Buenos Aires), así como se estima e incorpora el promedio nacional de las ocho localidades evaluadas.

Cuadro 1. Temperatura MÍNIMA promedio (°C) periodo 2016-2019 según mes y región cañera.

Región	Mes Año												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
GUANACASTE	22,8	23,4	24,3	24,0	23,9	23,6	23,4	23,2	22,9	22,7	22,0	21,8	23,3
LOS CHILES	21,1	20,7	21,1	22,2	23,6	23,6	23,0	22,6	22,3	22,6	22,5	21,3	22,2
SAN CARLOS	20,6	20,2	19,9	19,6	20,8	21,1	21,6	20,9	20,0	21,3	19,3	21,6	20,8
GRECIA	11,8	11,3	12,2	13,6	15,5	16,3	15,0	15,6	15,3	15,3	13,9	13,2	14,1
JUAN VIÑAS	14,3	14,1	14,8	15,6	17,0	16,8	16,5	16,4	16,2	16,2	16,3	14,8	15,7
TURRIALBA	15,3	14,9	15,6	16,5	19,1	18,2	17,4	17,7	17,7	17,8	17,0	15,6	16,8
BUENOS AIRES	19,7	20,6	20,1	21,4	21,7	21,2	21,8	21,4	21,3	21,5	21,7	20,5	21,0
SAN ISIDRO - PZ	17,4	19,1	18,7	19,3	19,8	19,1	20,1	19,9	19,7	19,8	20,2	18,6	19,1
NACIONAL	17,9	18,0	18,4	19,0	20,2	20,0	19,9	19,7	19,4	19,7	19,1	18,4	19,1

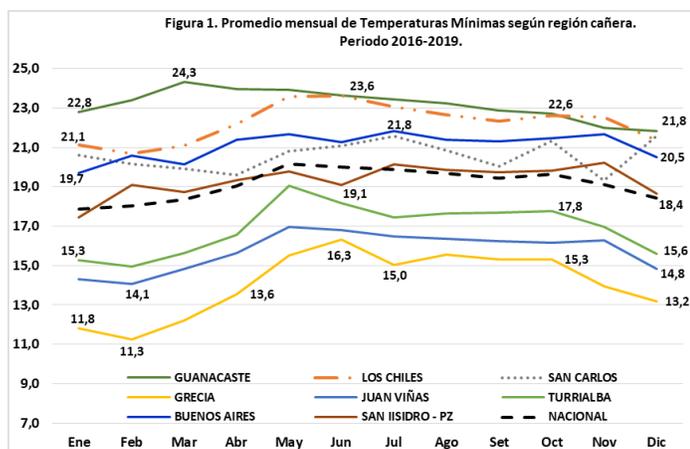
Fuente: Elaborado por el autor (2019).

Nota: Algunas Estaciones no reportaron valores completos por discontinuar lecturas o problemas de los equipos.

Se infiere de esos datos, que: 1) Hay en el país importantes y significativas diferencias de temperatura entre regiones y localidades productoras de caña, que limitan y desvirtúan por errónea, cualquier generalización que se haga al respecto pues el sesgo es muy elevado; 2) Las diferencias son notorias también entre los meses del año; 3) Las temperaturas mínimas se ubican en promedio en el ámbito de 11,3 a 24,3°C para una significativa diferencia de 13°C; 4) Las mínimas promedio mensual (11,3°C marzo) y anual (14,1°C) más bajas del periodo evaluado, se ubican en la localidad de Grecia (Santa Gertrudis Sur) y las más altas en Guanacaste con 24,3°C en el mes de marzo y 23,3°C, respectivamente; 5) Como promedio nacional, el mes de febrero es el de temperaturas más bajas (18°C), mientras que mayo presenta las más altas con 20,2°C; 6) Por su orden, las temperaturas medias anuales más bajas están en: Grecia (14,1°C), Juan Viñas (15,7°C), Turrialba (16,8°C), Pérez Zeledón (19,1°C), San Carlos (20,8°C), Buenos Aires (21°C), Los Chiles (22,2°C) y Guanacaste con las mínimas más altas (23,3°C); 7) En términos generales la temperatura mínima nacional con un promedio de 19,1°C puede considerarse como apropiada para inducir maduración y favorecer concentración de sacarosa en los tallos, pues se ubica por debajo del referente térmico general de los 21°C y, 8) Lo deseable es que las bajas temperaturas se presenten durante la etapa de maduración y cosecha (octubre a mayo), pues en otro momento (abril-setiembre) son contraproducentes para el desarrollo normal del cultivo.

A partir de estos resultados y considerando las significativas diferencias verificadas, puede concluirse que los factores

abióticos que operan como inductores primarios de maduración de la caña de azúcar en Costa Rica, son diferentes entre regiones y entornos agro productivos (Chaves 2019b). En el caso de Guanacaste es definitivamente el factor hídrico, que también interviene con una menor intensidad en la zona de Los Chiles, favorecido por el tipo de suelo prevaleciente (orden Ultisol) de texturas franco arenosas que coadyuvan al rápido desecamiento de los mismos. Por su parte, localidades como el Valle Central, Turrialba y la Zona Sur se ven favorecidas por el factor térmico asociado a un corto periodo seco durante su etapa de cosecha. En el caso de San Carlos y Juan Viñas, pese a contar con temperaturas mínimas apropiadas, el exceso de humedad prevaleciente durante la fase de maduración y cosecha resulta contraproducente para mantener la concentración de sacarosa en grados elevados, generando un estado de confusión metabólica por interacción de efectos diferentes. La Figura 1 presenta gráficamente la distribución promedio (2016-2019) de las temperaturas mínimas durante los meses del año, ratificando las diferencias territoriales existentes.



Importancia del Diferencial de Temperatura (Máxima - Mínima)

Este utilitario y pragmático concepto climático, es muy empleado en la agroindustria azucarera mundial para interpretar y juzgar con bastante certeza las condiciones potenciales de maduración de un determinado entorno agro productivo de caña de azúcar. El mismo aplica particularmente para el periodo de maduración y cosecha de la caña, que en el caso de Costa Rica puede ubicarse entre los meses de octubre y mayo de cada año, considerando que nuestras zafra inician en diciembre y finalizan por lo general en el mes de junio para una duración cercana a los 200 días. Dicho diferencial resulta y obtiene de la relación aritmética de vincular las Temperaturas Máximas con las Mínimas en el mismo momento de medición, por medio de la cual se aplica una resta.

Se considera que el “golpe térmico estresante” que se genera con cambios rápidos y bruscos surgidos entre ambas temperaturas en periodos relativamente cortos de tiempo, detienen la división celular y el crecimiento, provocando un acumulo de energía bioquímica en forma de carbohidratos (sacarosa). El efecto requiere para ser efectivo contar y satisfacer tres condiciones básicas fundamentales: a) Debe ser continuo en el tiempo y no apenas circunstancial y ocasional, b) Las temperaturas máximas y mínimas deben ser lo más disímiles y extremas posibles para que el diferencial sea amplio y c) Operar durante la fase de maduración previa a la cosecha.

En el Cuadro 2 y la Figura 2 se expone los valores del Diferencial Térmico estimado para las mismas 12 Estaciones Meteorológicas y ocho localidades productoras de caña distribuidas en el territorio nacional. Como se aprecia y concluye de esos resultados: 1) Los valores son muy heterogéneos mostrando importantes y significativas diferencias entre ellos, que van desde índices de 7,2°C (Los Chiles) hasta 19,5°C (Grecia) para una diferencia de 12,3 unidades de temperatura, que resulta muy elevada y por tanto estresante, 2) Lo ideal es alcanzar un índice alto durante la fase de maduración y cosecha (octubre-mayo), ojala superior a 10°C considerado como base referencial ideal de interpretación; 3) El valor más bajo se obtuvo en el mes de noviembre en la localidad de Los Chiles con 7,2°C y, contrariamente el más alto en Grecia en marzo con 19,5°C; 4) Los diferenciales térmicos promedio más altos del país se logran en el mes de marzo (13,1°C), abril (12,9°C) y febrero (12,7°C); en tanto que, los más bajos en julio (9,9°C), octubre (10°C) y noviembre (10°C); 5) Por su orden, los mayores diferenciales térmicos promedio anual están en Grecia (15,9°C), Turrialba (14,1°C), San Carlos (12,7°C), Buenos Aires (11,2°C), Pérez Zeledón (10,9°C), Guanacaste (10°C), Los Chiles (9,4°C) y Juan Viñas (8,8°C), para una media nacional de 11,4°C calificada como muy buena; 6) Ubicando el periodo de maduración natural pre zafra de las plantaciones comerciales de caña (octubre-diciembre), se encuentra que las mejores condiciones y disposición para cosecha interpretadas por un mayor Diferencial Térmico, se ubican en Grecia (15°C), Turrialba (14,3°C), San Carlos (11,5°C), Buenos Aires (9,3°C), Guanacaste (9,1°C), Pérez Zeledón (8,9°C), Juan Viñas (8,6°C) y Los Chiles (8,1°C); 7) Considerando exclusivamente los meses de concentración de cosecha y mayor actividad de la zafra (enero-marzo), se reportan como Diferenciales promedios más altos y por tanto mejor dispuestos a concentrar sacarosa los de Grecia (19°C), Turrialba (14,6°C), Buenos Aires (14,1°C), Pérez Zeledón (13,1°C), San Carlos (13°C), Guanacaste (10,7°C), Los Chiles (10,2°C), Juan Viñas (9°C), para una media nacional de 12,7°C; 8) No puede

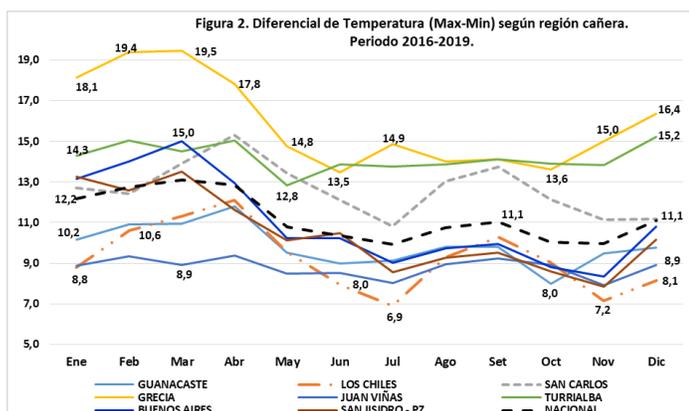
desconocerse ni omitirse la alteración del criterio térmico por uso de madurantes artificiales, cuyo efecto sobre la concentración de sacarosa transita por otro mecanismo de acción muy diferente.

Los valores verificados durante la fase de maduración (octubre-diciembre) son relativamente buenos en algunas regiones como lo muestra la Figura 2, ubicándose entre 10 y 11,1°C, y los de cosecha aún mejores entre 13,1 y 10,3°C, lo que ratifica la buena condición de maduración nacional, con las excepciones señaladas por sus características (Juan Viñas y en menor grado Los Chiles).

Cuadro 2. DIFERENCIAL de Temperatura Años 2016, 2017, 2018 Y 2019 según Mes y Región Agrícola

Región/Estación	Mes Año												Media
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
GUANACASTE	10,2	10,9	10,9	11,8	9,5	9,0	9,1	9,8	9,8	8,0	9,5	9,8	10,0
LOS CHILES	8,8	10,6	11,3	12,1	9,5	8,0	6,9	9,3	10,3	9,0	7,2	8,1	9,4
SAN CARLOS	12,7	12,4	13,9	15,3	13,4	12,1	10,8	13,0	13,8	12,1	11,2	11,2	12,7
GRECIA	18,1	19,4	19,5	17,8	14,8	13,5	14,9	14,0	14,1	13,6	15,0	16,4	15,9
JUAN VIÑAS	8,9	9,3	8,9	9,4	8,5	8,5	8,0	9,0	9,2	8,9	7,9	8,9	8,8
TURRIALBA	14,3	15,1	14,5	15,1	12,8	13,9	13,8	13,9	14,1	13,9	13,8	15,2	14,1
BUENOS AIRES	13,2	14,0	15,0	12,9	10,3	10,2	9,0	9,7	9,9	8,8	8,3	10,8	11,2
SAN ISIDRO - PZ	13,3	12,6	13,5	11,6	10,1	10,5	8,6	9,3	9,5	8,6	7,9	10,2	10,9
NACIONAL	12,2	12,7	13,1	12,9	10,8	10,3	9,9	10,7	11,1	10,0	10,0	11,1	11,4

Fuente: Elaborado por el autor (2019).
Nota: se obtiene de restar a la Temperatura Máxima la Mínima.



Temperatura mínima, Diferencial Térmico y concentración nacional de sacarosa

Como referencia se presenta en el Cuadro 3, un ejercicio que establece una relación entre los promedios de Concentración de Sacarosa medida en kilogramos (96° Pol) por tonelada de caña molida, de las últimas tres zafras (2016-2018), con respecto a las Temperaturas Máxima, Mínima y su Diferencial dado en °C. Valorando el resultado, no parece en primera instancia existir un vínculo directo definido y fuerte, virtud posiblemente de la magnitud de los sesgos implícitos en la estimación, como son: a) corresponde a medias de temperatura anual y no exclusiva del

periodo de maduración y cosecha (octubre-mayo); b) hay otros factores del clima que también intervienen de manera determinante, como es por ejemplo la precipitación; c) la procedencia y calidad de la materia prima procesada es muy heterogénea, inclusive procedente de otras regiones respecto a donde se muele; d) la eficiencia fabril de los Ingenios es muy diferente en cuanto a extracción y fabricación de azúcar; e) en varias regiones se utilizan madurantes químicos artificiales que distorsionan la interpretación veraz. Para realizar un ejercicio de esta naturaleza con estas variables, es necesario controlar y minimizar esas fuentes de variación y concentrar la valoración en una localidad homogénea, preferiblemente bajo condiciones de riego, con valoraciones semanales o aún menores, donde se sensibilicen mejor las diferencias de temperatura.

Conclusión

En una condición productiva con entornos agro productivos de caña de azúcar tan disímiles y heterogéneos como los existentes en Costa Rica, resulta fundamental trabajar en procurar aislar, tipificar, caracterizar y diferenciar cada uno de ellos al máximo, como lo indica Chaves (2019b), lo cual permitirá comprender y atender con mayor especificidad y probabilidad de éxito sus limitantes, aprovechando complementariamente sus potenciales. El estudio y manejo del cultivo en función de las temperaturas resulta técnicamente muy apropiado, pues permite optimizar procesos como el de la maduración, logrando maximizar la sacarosa contenida en los tallos cosechados y procesados. Resulta fundamental e ineludible profundizar más en el tema clima y sus efectos sobre la caña de azúcar.

Cuadro 3. Indicadores térmicos y valores promedio (kg 96° Pol/tmc) de Concentración de Sacarosa según región cañera. Periodo 2016-2018.

Región	Zafra 2016-2019			Zafra 2017-2018			Zafra 2016-2017					
	Temp Máxima (°C)	Temp Mínima (°C)	Diferencial Térmico (°C)	Concentrac Sacarosa (kg/tmc)	Temp Máxima (°C)	Temp Mínima (°C)	Diferencial Térmico (°C)	Concentrac Sacarosa (kg/tmc)	Temp Máxima (°C)	Temp Mínima (°C)	Diferencial Térmico (°C)	Concentrac Sacarosa (kg/tmc)
Guanacaste	32,9	23,1	9,8	109,50	33,0	22,9	10,1	107,67	33,6	23,5	10,1	104,67
Pacífico Central	ND	ND	ND	100,68	ND	ND	ND	95,28	ND	ND	ND	95,65
Zona Norte	30,5	21,8	8,7	109,31	32,8	22,1	10,7	102,81	32,5	21,4	11,1	95,25
Valle Central	29,8	13,6	16,2	112,35	29,8	14,4	15,4	103,72	30,3	14,3	16,0	101,68
Turrialba-IV	28,0	15,4	12,6	102,64	28,6	16,7	11,9	106,24	28,7	17,6	11,1	107,69
Zona Sur	30,4	20,3	10,1	128,18	30,1	19,6	10,5	120,24	31,1	19,9	11,2	124,96
Nacional	30,6	19,6	11,0	109,85	30,9	19,7	11,2	106,34	31,3	20,0	11,3	104,09

Fuente: LAICA (2019).

Literatura citada

Castro, RCP. (2016). *STAB - Fisiología Aplicada a Cana-de-Açúcar*. Piracicaba, São Paulo. STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. Regional Sul. 208 p.

Chaves Solera, MA. (1982). *La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar*. En. Seminario de tecnología moderna de la caña de azúcar, 2, San José, Costa Rica,

1982. Memorias. San José, CAFESA/ATACORI/MAG/LAICA, setiembre. p: 28-40.

Chaves Solera, MA. (2019a). *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.

Chaves Solera, MA. (2019b). *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. En. Seminario Internacional: Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.

Chaves Solera, MA. (2019c). *Clima y floración en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 9, julio. p: 5-7.

Chaves Solera, MA. (2019d). *Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.

Chaves Solera, MA. (2019e). *Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 16, octubre-noviembre. p: 5-9.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición:

Karina Hernández Espinoza
Katia Carvajal Tobar

Departamento de Climatología e
Investigaciones Aplicadas
Departamento de Meteorología
Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO
NACIONAL